

Mejora de la precisión planimétrica y altimétrica en levantamientos topográficos urbanos en Bogotá

Wilmar Darío Fernández¹

Recibido: noviembre 19 de 2009

Arbitrado y aceptado: febrero 15 de 2010

Resumen

En este artículo se analiza la información del Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá - IDU sobre la elaboración de levantamientos topográficos y sus resultados, con el fin de estandarizar los procedimientos técnicos que deben ser tenidos en cuenta por las empresas consultoras y constructoras. Se analizaron 164 levantamientos topográficos urbanos en los cuales se clasificaron las poligonales como poligonales alargadas y semi regulares. Se encontró que las poligonales alargadas presentan ángulos agudos en sus extremos y que su forma hace que sus alineamientos sean casi paralelos separados por distancias muy pequeñas. Las poligonales semi regulares presentan mayor regularidad desde el punto de vista geométrico, es decir que sus ángulos y distancias son relativamente iguales. Por lo tanto, se deduce que la longitud recomendable a la hora de realizar una poligonal es que esta no exceda el rango entre los 1000 y 1200 metros. Los resultados generales indican que se puede exigir un grado de precisión mínimo de 1:35000, en el aspecto planimétrico el cual es considerablemente superior al actualmente exigido por el IDU.

Palabras clave: *levantamientos urbanos, poligonales, precisión, topografía.*

Improved precision altimetry planimetric and topographic surveys in Bogota

Abstract

This paper analyzes the information of the Urban Development Institute of Bogotá (IDU), Colombia, regarding the execution of urban topographic surveys and its results, aimed to standardise the technical procedures that should be considered by construction and consultant companies with current methods and equipment. One hundred and sixty four 164 urban topographic surveys were analysed. Concerning planimetric and altimetric parameters polygonal were classified as long and semi-regular. Results showed that long polygonal exhibited acute angles at their extremes and, due to their form, the alignments are almost parallel, separated by very short distances. The semi-regular polygons showed a clear regularity from the geometric point of view, as angles and distances are relatively similar. Therefore, it is suggested, that the most favorable length when elaborating a polygonal, should range between 1000 and 1200-m. The general results indicate that for planimetric issues a level of precision of minimum 1:35000 can be requested, which is considerable higher than the one currently required by the IDU.

Key words: *polygonal, precision, survey engineer, urban surveys.*

¹ WILMAR DARÍO FERNÁNDEZ es Magíster en Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes, docente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, investigador adscrito al grupo GEOTOPO. Contacto: wfernandez@udistrital.edu.co.

Introducción

Antes del año de 1959, el Departamento de Valorización del Municipio de Bogotá contaba con técnicos profesionales para realizar todo tipo de levantamientos topográficos. Estos consistían en actividades tendientes a localizar planimétrica y altimétricamente los diferentes proyectos que deberían ser diseñados y contratados de acuerdo a las necesidades programadas por las administraciones de la época. A partir del año de 1959, la Sección de Zonificación del Departamento de Control perteneciente a la Administración de Bienes del Departamento de Valorización, registraba los datos obtenidos en el levantamiento topográfico en un plano denominado “*tira topográfica*”, en el cual se dibujaban detalles (técnica manual) para realizar un proceso de demarcación (retroceso) y de esta forma, conocer las áreas de cesión para las vías, las unidades prediales y demás servicios existentes.

En la tira topográfica se demarcaba el corredor del proyecto que sería objeto de construcción y de esta forma se analizaban los diseños geométricos, los costos de ejecución y se cuantificaba el número de unidades prediales que sería necesario adquirir mediante la elaboración de una ficha técnica predial que se denominó *Registro Topográfico*. A éste se le asignaba un número que inició en el año de 1959 con el N° 001 y concluyó en el año de 1972 con el N° 10289. Previa aprobación de Planificación Distrital de la época y una vez se contaba con los planos borradores definitivos, se dibujaban los planos finales a mano utilizando implementos como rapidógrafos, díngrafos, escuadras, entre otros.

Posteriormente, mediante el Decreto 255 de 1972 se creó el Instituto de Desarrollo Urbano del Distrito Especial de Bogotá, el cual implementó los lineamientos establecidos por el denominado Departamento de Valorización, mejorándolos a través del tiempo de acuerdo con los avances

tecnológicos, pero aun sin contar con normatividad, ni reglamentación para la realización de levantamientos topográficos.

En el año de 1993 el Instituto elaboró un documento que permitió ejercer un control de calidad a los levantamientos topográficos realizados por las diferentes áreas misionales del Instituto y que hoy día es incluido en los términos de referencia de los contratos de estudios y diseño de proyectos. No obstante, este documento sólo tiene en cuenta para la revisión y el cálculo de las poligonales cerradas, el factor de grado de precisión relativa mayor a 1:10000. El levantamiento por detalles está ligado a esta poligonal base, sin tener en cuenta ningún procedimiento escrito que permita verificar y requerir responsabilidades en la ejecución de los mismos.

En algunos documentos como los de ÁLVARO TORRES NIETO Y EDUARDO VILLATE (1999), BANNISTER y otros (2006), WOLF Y BRINKER (2007), se menciona que la precisión óptima para levantamientos urbanos corresponde a un cierre de 1 m en 10.000. En las normas de levantamientos urbanos diseñadas en Colombia por entidades como Planeación Distrital, la Empresa de Acueducto de Bogotá y el Instituto de Desarrollo Urbano –IDU-, toman como referencia éste parámetro hasta el año 2000. En la actualización de las normas, los criterios de cierre se ampliaron hasta 1:20000 sin tener un sustento teórico de la actualización. El propósito de la investigación reportada consistió en determinar el grado de precisión relativo óptimo para los levantamientos urbanos, que sea alcanzable con métodos y equipos actuales.

PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTOS PLANIMÉTRICOS. Los trabajos topográficos que se realizan para el Instituto de Desarrollo Urbano, están localizados dentro del perímetro urbano de la ciudad de Bogotá y son considerados como levantamientos topográficos de tercer orden - clase I-, que requieren como mínimo un

grado de precisión relativo 1:10000 (FGCC; 1974). Considerando la importancia de estos levantamientos topográficos, y teniendo en cuenta que parten de vértices geodésicos de red de primer orden (estaciones básicas), debidamente certificados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, se recomienda catalogar este tipo de levantamientos como de Segundo Orden -Clase II- (CASTELLANOS, 1994). Esta catalogación deberá aplicarse en la densificación de las redes, ajustándose a levantamientos de orden mayor, para apoyo de proyectos locales de ingeniería, en cartografía topográfica, como apoyo de levantamientos locales y en estudios rápidos de asentamientos del suelo que requieren como mínimo un grado de precisión relativo 1:20000 (CASTELLANOS; 1994).

En Colombia, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi es la entidad rectora de la producción de información georreferenciada y su obligación es la de proporcionar un marco de referencia para el país acorde con los estándares internacionales vigentes. En este caso, por estar cerca de los Estados Unidos y depender tecnológicamente de este país, se toman como referencia las normas y especificaciones creadas por la Federal Geodetic Control Committee (de aquí en adelante FGCC) para los diferentes levantamientos de control horizontal y vertical (FGCC; 1974).

PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTOS ALTIMÉTRICOS. Al igual que para los levantamientos planimétricos, las normas para mediciones sobre el plano vertical, están establecidas por la FGCC. La precisión en la realización de estos trabajos, está dada por su nivelación y contra nivelación. Se parte de una estación (BM) conocida y cierra en la misma para verificar el error cometido en el desarrollo de la misma. Se exige el proceso de contra nivelación para garantizar que los puntos de control que fueron materializados en el recorrido del proyecto, cumplan con los cierres permitidos (EAAB; 2004). Estos levantamientos altimétricos son de Segundo

Orden -Clase II-, ya que parten de puntos de la Red Nacional Principal y se utilizan para proyectos locales de ingeniería y construcción de redes (CASTELLANOS; 1994).

Metodología

Se investigó en la base de datos que reposa en el Centro de Documentación del IDU, la existencia de los contratos que fueron suscritos entre el instituto y las firmas consultoras y constructoras, tomando el periodo de análisis entre los años 1997 a 2007 (CONSORCIO GENERAL, 2006; CONSORCIO SSS SUBA, 2006; CONSULTORÍA COLOMBIANA, 2005; INGENIERÍA DE LOS ANDES, 1998). Los procedimientos de calidad a evaluar y analizar, fueron los contenidos en los términos de referencia que fueron exigidos en su momento para la elaboración de los estudios topográficos. Es importante anotar, que en las diferentes épocas de realización de los estudios, no se contaba con normatividad para exigir la calidad en la precisión de estos levantamientos topográficos.

Los datos recopilados son la precisión o cierre obtenido y la longitud total de 164 poligonales planimétricas, realizadas con instrumentos de precisión de similares características (*i.e.* teodolito electrónico digital para la medición de ángulos y un instrumento electrónico para medir distancias).

Los 164 levantamientos topográficos urbanos se clasificaron en categorías para el análisis de la planimetría, las poligonales se dividieron en dos grupos debido a su clara diferencia geométrica y la finalidad de su conformación, como poligonales alargadas y semi regulares. Las primeras corresponden a las que su circuito describe un pseudo círculo (Figura 1a), mientras que las segundas son aquellas que tienen ángulos agudos en sus extremos y los otros ángulos observados son prácticamente llanos (Figura 1b).

Aunque el método de observación no incide directamente en la determinación del cierre angular y de distancia (VARGAS Y RINCÓN, 2007), se recalcularon las poligonales para verificar sus cierres. Para hacer comparables los resultados, se verificó que se tomara una sólo lectura angular directa y tomando la distancia hacia atrás y hacia delante, en condiciones atmosféricas normales dentro del casco urbano.

A la muestra se le realizó un primer filtro que consistió en eliminar las poligonales con precisión menor que 1:10000, encontrando 24 con esa característica. Las 140 restantes se dibujaron con el fin de clasificarlas según su forma. Teniendo la geometría de cada poligonal se tuvo especial cuidado en aplicar los ajustes requeridos, teniendo en cuenta que las líneas base o líneas de la red geodésica distrital, no se incluyeran dentro de la poligonal observada. En el caso que estas líneas hicieran parte de la poligonal, los ajustes se realizaron como poligonales punto a punto.

Una vez depurados los datos se realizó un análisis estadístico de frecuencias, para realizar la clasificación respectiva y comprobar el comportamiento de las precisiones respecto de las exigencias establecidas en las diferentes normas vigentes en las entidades que realizan levantamientos topográficos.

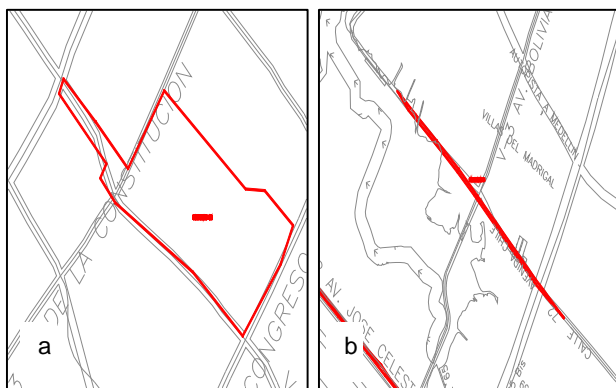


FIGURA 1. a) Poligonales semi regulares, b) Poligonales alargadas.

Para la verificación de los procedimientos altimétricos empleados por los consultores, se recopilaron levantamientos topográficos contratados por el Instituto de Desarrollo Urbano entre los años 2006 a 2007, que fue la información que facilitó la institución. Los datos recopilados en tabla 1 corresponden a la discriminación de la información relevante, contenida en el cálculo de 61 nivelaciones geométricas, realizadas con instrumentos de precisión de similares características (niveles automáticos y mira con lectura directa al centímetro).

TABLA 1. Datos de 61 nivelaciones geométricas.

VARIABLE	DATOS	%
Nivelación	61	100
Contra nivelación	57	93.4
Error	53	86.9
Equipo	41	67.2
Longitud	16	26.2
Cota	11	18.0

De la recopilación realizada se verificó que estas nivelaciones fueran realizadas por el método de nivelación y contra nivelación por los mismos puntos con una sola lectura directa del hilo medio, que es el menos objetivo a la hora de aplicar tolerancias mínimas en las nivelaciones, dado que las diferencias de nivel de ida y vuelta siempre van a cerrar en cero.

En la tabla 1 se resumen los hallazgos encontrados, 61 nivelaciones de las cuales 93% con procedimiento de contra nivelación y con determinación del error el 53%, el 16% determinaron la longitud del trayecto nivelado y sólo el 18% realizaron el cálculo de cota corregida.

Resultados y discusión

ANÁLISIS DE POLIGONALES SEGÚN SU LONGITUD. Con un total 52 poligonales semi regulares y 78 poligonales alargadas para el

análisis según su longitud, se encontró que las poligonales semi regulares oscilan entre los 69 y 3137 m y las alargadas entre los 231 y los 7200 m.

POLIGONALES SEMIREGULARES. Para las poligonales semiregulares, el rango calculado es 3068 m. El rango se dividió en 10 intervalos de clase del mismo tamaño de tal forma que las fronteras de clase no coincidieran con datos realmente observados.

A continuación se presenta la figura 3, la cual contiene las distribuciones de frecuencias para las poligonales semi regulares según su longitud.

En la figura 3 se muestra que el incremento de la longitud alcanza un valor de 1455 m con una pendiente constante y en adelante la pendiente es variable hacia el valor de la marca de clase final. Esto indica que las poligonales de longitudes mayores a 1500 m, no son muy frecuentes quizá, por la magnitud de los proyectos o que los vértices geodésicos de apoyo se encuentran ubicados en ese rango de distancia.

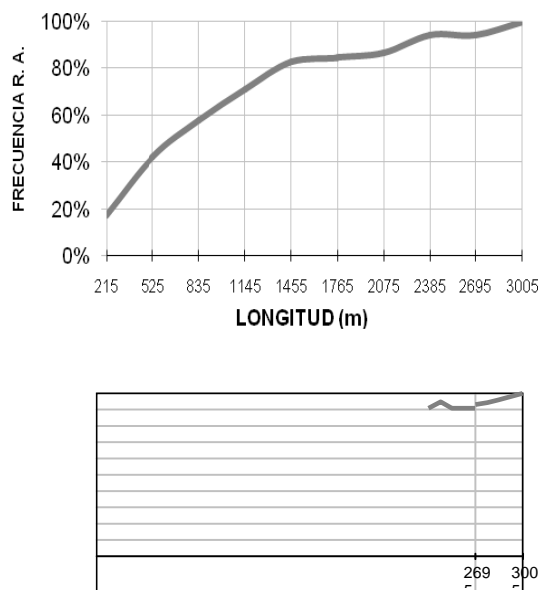


FIGURA 3. Frecuencia relativa acumulada para poligonales semi regulares según su longitud.

POLIGONALES ALARGADAS. En cuanto a las poligonales alargadas, el rango calculado en este análisis es 6968 m. El rango se dividió en 10 intervalos de clase del mismo tamaño de tal forma que las fronteras de clase no coincidieran con datos realmente observados. A continuación se muestra la figura 4, la cual contiene las distribuciones de frecuencias para las poligonales alargadas según su longitud.

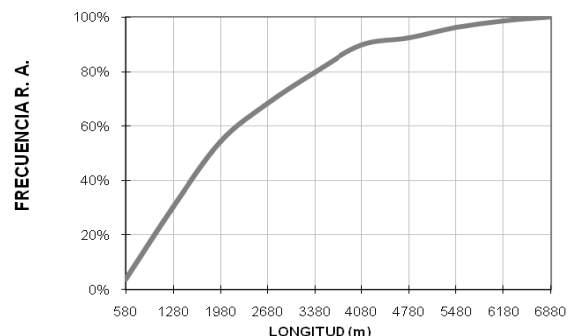


FIGURA 4. Frecuencia relativa acumulada para poligonales alargadas según su longitud.

ANÁLISIS DE POLIGONALES SEGÚN SU PRECISIÓN. Para los análisis de poligonales semi regulares según su precisión, se eliminaron 2 de las 52 que tenía la muestra debido a que sus valores eran excesivamente altos y separados de los demás datos. Una vez depurada la muestra se encontraron poligonales con precisiones de un metro de error en 10008 m medidos (1:10008) y 1:80386 m. Por conveniencia, se tomó 1:10000 como el dato menor y 1:90000 por metro de error como dato mayor, obteniendo así un rango cerrado de 1:80000 el cual se dividió en 8 intervalos de clase del mismo tamaño de tal forma que las fronteras de clase no coincidieran con datos realmente observados.

Con el análisis anterior se pudo deducir que los datos se encuentran concentrados entre 25000 y 45000 metros de precisión promedio, siendo 25000 y 35000 metros de precisión promedio los datos que más elementos contienen sin exceder ninguno de ellos el 25% de la muestra.

De las distribuciones de frecuencia relativa acumulada se puede decir que el 64% de las poligonales semi regulares presentan una precisión promedio entre 1: 25000 y 1:45000. De acuerdo con las pendientes de los alineamientos se observó claramente que las poligonales con precisión promedio superior a 1:45000 metros no son tan comunes (ver figura 5).

Las poligonales de precisión promedio menor 1:20000 son las más frecuentes con una presencia del 22.39%, es decir las que corresponden a la exigencia del IDU. El resto de los datos encuentran una agrupación interesante, observándose que en el rango de 1:25000 y 1:35000 de precisión, se mantiene una pendiente constante de crecimiento hasta presentar una inflexión o cambio de pendiente en precisiones superiores a 1:45000.

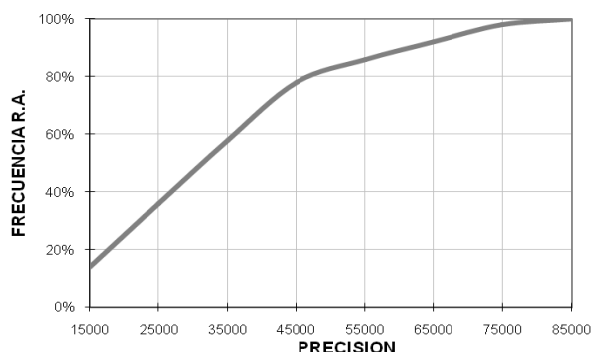


FIGURA 5. Frecuencia relativa acumulada para poligonales semiregulares según su precisión.

Para el análisis de poligonales alargadas según su precisión, se eliminaron 12 de las 79 que tenía la muestra debido a que sus valores eran excesivamente altos y separados de los demás datos. Una vez depurada la muestra se encontraron poligonales con precisiones entre 1:10409 y 1:129333 m, teniendo un rango calculado de 1:118924 por metro de error.

Con respecto a la distribución de las precisiones se puede decir que el 47.76% de las poligonales presentan una precisión promedio entre 1:25000 y 1:45000. De

acuerdo con las pendientes de la tendencia, se observó claramente que las poligonales con precisión promedio superior a 45000 no son tan comunes.

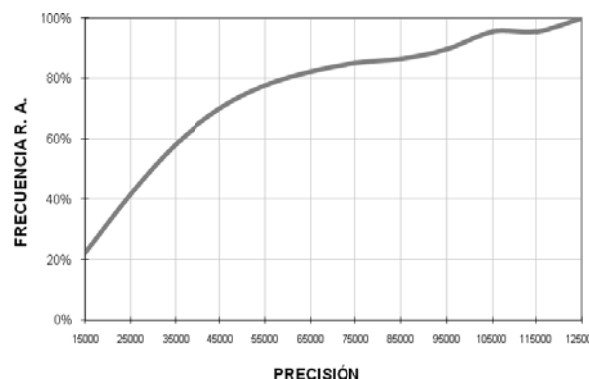


Figura 6. Frecuencia relativa acumulada para poligonales alargadas según su precisión.

En conclusión y luego de la verificación realizada a las diferentes metodologías y clases de levantamientos planimétricos consultados, se puede afirmar que las poligonales alargadas presentan ángulos agudos en sus extremos y que su forma hace que sus alineamientos sean casi paralelos separados por distancias muy pequeñas. Por su geometría incluso pueden presentarse cruces de alineamientos lo que cambia directamente el método de ajuste. Su geometría además es muy semejante a una poligonal abierta por lo que es mejor evitar el recorrido de cierre y llevarla a otro punto de la red geodésica, para realizar el ajuste como poligonal de punto a punto.

Por el contrario, las poligonales semi regulares presentan mayor consistencia desde el punto de vista geométrico, dado que sus alineamientos están separados y distribuidos proporcionalmente a lo largo del recorrido.

Una vez realizado el análisis estadístico de frecuencias según la longitud de las poligonales, se establecieron las distancias más comunes y las que presumiblemente por comodidad se manejan a nivel profesional por los topógrafos. De lo anteriormente dicho, se pudo deducir que la longitud recomendable a la hora de realizar una poligonal es que esta

no exceda el rango entre los 1000 y 1500 metros.

Respecto a la precisión de las poligonales, una vez más se observó que las poligonales semi regulares presentan mayor objetividad desde el punto de vista analítico, dado que la distribución es normalizada y la dispersión de los datos tenidos en cuenta es más uniforme. Las poligonales alargadas son menos precisas, aunque por sus extensas longitudes igualen en precisión a las semi regulares.

Teniendo en cuenta que el IDU es una de las instituciones que generan mayor demanda de levantamientos topográficos para el desarrollo de la infraestructura urbana, vemos aquí que fácilmente se rebasa el límite de precisión exigido, con la utilización de equipos de medición electrónica de distancias EDM's. Sin embargo no se puede afirmar que los procedimientos de campo y ajuste sean los adecuados aun cuando se obtengan las precisiones requeridas.

Es por esto que se puede exigir un grado de precisión mínimo de 1:35000 y hasta 1:40000, el cual es considerablemente superior al actualmente exigido, como se evidenció puede ser alcanzado con facilidad, si se considera un ejercicio riguroso de materialización de vértices, calibración de equipos, geometría de la figura y adecuado método de ajuste.

ALTIMETRÍA. La distribución de las 61 nivelaciones analizadas evidenció que el 100% tiene proceso de nivelación y algo más del 90% tiene contra nivelación. Para realizar una comparación sólo algo más del 60% trabajaron equipos similares y el 26% determinó la longitud de la nivelación, y sólo el 19% realizó correctamente el ajuste de la cota.

Adicionalmente, la información obtenida para realizar un análisis estadístico similar al que se realizó en la parte de planimetría no cumple con las expectativas, debido a que del

total de la muestra compilada tan sólo el 26.23% tienen el dato de la longitud total de la línea de nivelación, dato primordial para clasificar las nivelaciones.

De la verificación realizada a los procedimientos y metodologías utilizadas por los consultores se puede decir que las líneas de nivelación para el traslado de cota hasta los vértices de apoyo de los trabajos topográficos deben ser cerradas, partiendo de un punto con cota conocida y cerrando en otro punto con cota conocida que no necesariamente debe ser el mismo de partida, en el caso que el punto de inicio y cierre sean el mismo, la línea de nivelación debe configurar un polígono cerrado. Esto quiere decir que no se debe realizar nivelación y contra nivelación por los mismos puntos, dado que este método no permite analizar objetivamente los requerimientos de precisión. Además, se deben tomar y anotar en la cartera de campo las lecturas de los 3 hilos, superior, medio e inferior, con el fin de calcular la longitud total de la línea de nivelación.

Aunque los cierres presentados en las nivelaciones analizadas cumplen el requisito de 13 mm por kilometro, el análisis que presentan éstas nivelaciones no permite evidenciar las situaciones de compensación entre la nivelación o encontrar errores de instrumentales, que a la postre, produzcan errores groseros en el procedimiento.

Conclusiones y recomendaciones

Los procesos topográficos actuales, con respecto a sus procedimientos y equipos permiten rebasar los niveles de precisión exigidos en los trabajos topográficos contratados por el Instituto de Desarrollo y Urbano y otras entidades del Distrito como el Departamento Administrativo de Planeación Distrital y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

El análisis del control horizontal permite entender que los cierres establecidos de 1:10000 y 1:25000, son fácilmente superables por los procedimientos y equipos definidos en las normas. En las normas mencionadas como la de la Empresa de Acueducto de Bogotá (EAAB; 2004) o el Manual de Interventoría del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU; 2003, VALENCIA; 2002), se exigen equipos electrónicos para medición de distancias con alcances de 1 km mínimo y que la lectura angular sea por lo menos de 3" de arco. Con estos requerimientos y con un procedimiento topográfico adecuado, se evidencia que los cierres que se pueden exigir están entre 1:35000 y 1:40000. Los cierres anotados no se verán afectados por el factor de escala ya que las distancias tomadas en campo y analizadas, no sufren ninguna reducción por efecto de la curvatura terrestre, por ende no se afecta el factor de escala.

Respecto a los procedimientos altimétricos se pudo observar que requieren más rigurosidad en el momento de su ejecución, ya que los métodos observados no permiten realizar una trazabilidad del proceso y dentro del mismo se pueden presentar compensaciones de alturas que no representan las cotas calculadas. La determinación de la distancia es indispensable para el ajuste de la nivelación y el proceso de contra nivelación por los mismos puntos de cambio, no permite ejecutar el procedimiento de forma rigurosa. La lectura de los 3 hilos mejora las observaciones y permite calcular distancias cercanas a las reales que pueden ayudar en el proceso de ajuste.

En el momento de la clasificación de la información y la verificación de los cálculos se pudo observar que en algunos casos las empresas consultoras se limitan a trabajar con el software, sin tener en cuenta el procedimiento de toma de datos y los elementos que intervienen o no, lo que redundo en las precisiones obtenidas. Sin embargo el hecho que los levantamientos superen la barrera de cierre analíticamente,

por el efecto de la resolución, no se refleja apreciablemente en la salida gráfica.

En el análisis de la altimetría, es necesario establecer un mayor número de trabajos topográficos, con el fin de establecer si los equipos permiten mejorar las precisiones establecidas, por ahora se puede afirmar que éste rango de precisión es acertado y no hay suficiente información para cambiarlo.

Bibliografía

- TORRES NIETO, ÁLVARO y VILLATE BONILLA, EDUARDO. *Topografía*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería: Bogotá, 1999.
- BANNISTER, ARTHUR; RAYMOND, STANLEY Y BAKER, RAYMOND. *Técnicas modernas de topografía*. Alfaomega: México, 2006. Séptima edición, 549 p.
- WOLF, PAUL Y BRINKER, RUSSELL. *Topografía*. Novena Edición. Editorial Alfa omega: Bogotá, 2007, 838 p.
- FEDERAL GEODETIC CONTROL COMMITTEE (FGCC). *Classification, standard of accuracy, and general specifications of geodetic control surveys*. Rockville Md. 1974.
- CASTELLANOS NIÑO, VÍCTOR MANUEL. *Levantamientos de control, explicaciones, túneles y otras aplicaciones*. Universidad Industrial de Santander: Bucaramanga, 1994.
- EMPRESA DE AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ (EAAB). *Normas técnicas lineamientos para trabajos topográficos NS-030*. Versión 3, 2004, 8 p.
- CONSORCIO GENERAL. Contrato IDU 133 de 2005. *Estudios y diseños a precio global fijo sin reajustes de La Troncal Calle 26 (Avenida 3 – Aeropuerto El Dorado – Avenida José Celestino Mutis) en Bogotá Volumen N° 1 Topografía, Levantamiento Topográfico Corredor Calle 26, IDU-133-TO-COR-E-01 TOMO I Versión 1.0*. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Instituto de Desarrollo Urbano, junio de 2006.

CONSORCIO SSS SUBA. Contrato IDU 198 de 2002. *Estudios y Diseños de la Troncal Avenida Suba desde la Avenida Ciudad de Cali hasta la Avenida Medellín en Bogotá D.C.* Registros Topográficos, Informe de Poligonales. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Instituto de Desarrollo Urbano, junio de 2002.

CONSULTORÍA COLOMBIANA S.A. Ingenieros Consultores. Contrato IDU 187 de 2004. *Aforos, Estudio de Transito y Estudio de Factibilidad Técnica para la Troncal Calle 26 (Avenida 3 – Aeropuerto El Dorado en Bogotá D.C.* Informe Final Topografía, Documento 761-TEC-30.01. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Instituto de Desarrollo Urbano, septiembre de 2005.

INGENIERÍA DE LOS ANDES LTDA. *Inventario físico y diagnostico del estado de la malla vial arterial de Santafé de Bogotá, Grupo 8. Anexo 6 - Levantamiento Topográfico, Carteras de Campo de Planimetría, Poligonales de Amarre y Básicas.* Alcaldía Mayor de Santa fe de Bogotá D.C., Secretaría de Obras Publicas, febrero de 1998.

VARGAS, W. Y RINCÓN, M. *Comparación de los métodos de ajuste de poligonales.* Universidad Distrital Francisco José de Caldas. En prensa. 2007

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO – IDU. *Manual de Interventoría.* Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. IDU, versión 03, noviembre de 2003.

VALENCIA SIERRA, JAVIER. *Procedimientos técnicos para levantamientos topográficos.* Alcaldía Mayor de Bogotá - Instituto de Desarrollo Urbano – Dirección Técnica de Predios, 2002. 83 p.